

Kazimierz RÓDZYŃSKI

INSTYTUT METEOROLOGII I GOSPODARKI WODNEJ, PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY, ODDZIAŁ MORSKI
ul. Waszyngtona 42, 81 – 342 Gdynia

Mikrozmiennosc charakterystyk metrologicznych termo- i higrometrycznych urzadzzen i układow pomiarowych w automatycznych stacjach meteorologicznych Państwowej Służby Hydrologiczno - Meteorologicznej

Prof. dr hab. inż. Kazimierz RÓDZYŃSKI

Jest absolwentem wydziału Elektrycznego Politechniki Gdańskiej (1957). Pracę habilitacyjną obronił w 1986 roku. Od roku 1959 zatrudniony w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej, od 1989 roku na stanowisku Pełnomocnika Dyrektora ds. Systemu Jakości i Miernictwa w Państwowej Służbie Hydrologiczno – Meteorologicznej. W pracy naukowo – badawczej zajmuje się analizą i oceną niepewności wyników pomiarów oraz zagadnieniami pomiarów in situ wielkości meteorologicznych, hydrologicznych i oceanograficznych.



e-mail: Kazimierz.Rozdzynski@imgw.pl

Streszczenie

Przedstawiono wyniki badań zjawiska mikrozmiennosci charakterystyk, pojawiającego się w niektórych obwodach pomiarowych automatycznych stacji meteorologicznych. Opracowano trzy postępowania, oparte na metodzie pomiarów porównawczych i metodach analizy statystycznej, dla detekcji, oceny oraz przybliżonej kompensacji skutków tych zjawisk. Uzyskano przybliżone obrazy rozwoju procesu mikrozmiennosci. Postępowania mogą być wykorzystane dla celów analizy jakości danych. Opracowana metodologia została zweryfikowana na 96 rocznych szeregach czasowych o objętości około 0,7 mln par danych.

Słowa kluczowe: niestabilność; dryft charakterystyk meteorologicznych stacji automatycznych; metody weryfikacji danych meteorologicznych.

Micro-variability of characteristics of thermo- and hygrometric circuits in automatic meteorological stations of the State Hydrological-Meteorological Service (PSHM)

Abstract

Results of complex research of phenomena and process of micro-variability of characteristics occurring in thermometric and hygrometric measurement circuits of automatic meteorological stations are presented in the study. Three independent procedures based on the application of the comparative method and statistical analysis enable detecting, evaluating and compensating approximately the effects of the said phenomena and processes. The procedures provided approximate but coherent images of the process of micro-variability and can be used for the purpose of data quality analysis, also in the operational mode. The methodology of detecting and defining the micro-variability processes was verified on 96 annual time series, 1-hour thermometric and hygrometric data of total volume of ca. 0.7 million data pairs.

Keywords: instability; drift characteristics of automatic meteorological station; method of verification meteorological data.

1. Wprowadzenie

W gałęzi miernictwa elektrycznego wielkości fizycznych, wyspecjalizowanej w obsłudze wielkoobszarowych systemów pomiarowych hydrologii i meteorologii stosowanej oraz klimatologii, zjawisko niestabilności charakterystyk, w dziewięćdziesięcioletniej praktyce polskiej Państwowej Służbie Hydrologiczno – Meteorologicznej (PSHM), nie było znane. Potrzeba jego poznania została dostrzeżona po zainstalowaniu i uruchomieniu krajowego systemu automatycznych, mikroprocesorowych stacji hydrologicznych i meteorologicznych [1], obejmującego łącznie kilkadziesiąt typowych, seryjnych zestawów pomiarowych. Wobec baraku publikacji na temat zjawiska niestabilności charakterystyk ukła-

dów pomiarowych, sygnałów analogowych, w narodowych systemach stacji meteorologicznych, a także jego skutków w szeregach czasowych danych meteorologicznych, należało wykonać stosowne badania.

Celem uruchomionych w PSHM badań było:

1. określenie stopnia podatności układów pomiarowych na wpływ czasu i temperatury;
2. określenie rodzaju, charakteru przebiegu, tempa i zasięgu systematycznych zmian charakterystyk układów pomiarowych i ich przyczyn;
3. opracowanie i zweryfikowanie metod detekcji, identyfikacji i kompensacji różnic systematycznych i postępowania analityczno – korekcyjnych dla systemu monitoringu i kontroli jakości danych, w trybie operacyjnym.

2. Przesłanki metodyczne

Badania nad stabilnością charakterystyk urządzeń termo- i higrometrycznych w automatycznych stacjach meteorologicznych, tj. nad wykryciem i określeniem nieznanymi i niepożądanymi procesami, deformującymi charakterystyki metrologiczne urządzeń pomiarowych w czasie ich ekspozycji polowej i zniekształcających szeregi czasowe danych, przeprowadzono metodą porównawczą – znajdującą szerokie zastosowanie w dziedzinie meteorologii, przy zachowaniu podstawowych warunków tej metody. Przeprowadzenie masowych badań w warunkach laboratoryjnych, jest nierealne ze względu na poziom kosztów.

Tradycyjne, fizyczne narzędzia pomiarowe meteorologii, wzorcowane w akredytowanym laboratorium, cechuje duża stabilność charakterystyk i niepodatność na wpływy innych czynników. Zapewniają one długookresową spójność z etalonem podstawowym w warunkach polowych i mogą być wykorzystane jako etalony wtórne, w odniesieniu do elektronicznych narzędzi pomiarowych, np. w polowym programie interkalibracyjnym [2, rozdz. IV].

Porównanie wartości dwóch synchronicznych szeregów czasowych danych, zmierzonych w warunkach polowych, w postaci ich chwilowych różnic $r = W_2 - W_1$, opartych na rozróżnieniu jedynie charakteru występujących w tych różnicach, potencjalnych błędów, może być oparte na następującym rozumowaniu:

1. każda wartość chwilowa W_1 występująca w szeregu 1 (sprawdzana, P_a), może być przedstawiona za pośrednictwem równania ogólnego o postaci:

$$W_{r_1} = W_1 \pm \Delta W_1 = W_1 + (\pm \Delta_{ssw_1} \pm \Delta_{sdw_1}) + (\pm \Delta_{pw_1}) \quad (1)$$

gdzie: W_{r_1} – chwilowa wartość rzeczywista wielkości mierzonej; W_1 – wartość zmierzona w chwili t_n urządzeniem pomiarowym 1; ΔW_1 – wartość chwilowej sumy błędów pomiarowych urządzenia 1; $\pm \Delta_{ssw_1}$ – wartość chwilowej sumy błędów systematycznych statycznych urządzenia 1; $\pm \Delta_{sdw_1}$ – wartość chwilowej sumy błędów systematycznych dynamicznych urządzenia 1; $\pm \Delta_{pw_1}$ – wartość chwilowego błędu przypadkowego urządzenia 1.

2. każda wartość chwilowa W_2 występująca w szeregu 2 (odniesienia, P_w), może być przedstawiona za pośrednictwem równania:

$$W_{r_2} = W_2 \pm \Delta W_2 = W_2 + (\pm \Delta_{ssw_2} \pm \Delta_{sdw_2}) + (\pm \Delta_{pw_2}) \quad (2)$$

gdzie: W_{rz} ; W_2 ; ΔW_2 ; $\pm\Delta_{ssW_2}$; $\pm\Delta_{sdW_2}$; $\pm\Delta_{pW_2}$ – to oznaczenia jak w p. 1 odnoszące się do urządzenia W_2 . W przypadku, gdy odczyty wyników pomiarowych wykonywane są przez obserwatora, w tym miejscu pojawia się suma,

$$\sum\Delta = (\pm\Delta_{pW_1}) + (\pm\Delta_{p_o}) + (\pm\Delta_g)$$

gdzie: $(\pm\Delta_{pW_2})$ – błąd obiektywny, przypadkowy urządzenia pomiarowego 2; $(\pm\Delta_{p_o})$ – błąd subiektywny, przypadkowy odczytu wskazań; $(\pm\Delta_g)$ – błąd grubo, przypadkowy, obserwatora.

Wartości chwilowych sum błędów systematycznych statycznych urządzeń 1 i 2 – ΔW_1 i ΔW_2 , należy rozumieć jako wartości zintegrowane w odniesieniu do całego urządzenia pomiarowego. Każda wartość szeregów 1 i 2 może być zapisana jako:

$$W_1 = [W_{rz} - (\pm\Delta_{ssW_1} \pm \Delta_{sdW_1}) - (\pm\Delta_{pW_1})] \quad (3)$$

$$W_2 = [W_{rz} - (\pm\Delta_{ssW_2} \pm \Delta_{sdW_2}) - (\pm\Delta_{pW_2})] \quad (4)$$

Chwilowa różnica r wartości zmierzonych w chwili t_n , dwóch szeregów czasowych danych, jw., wyniesie:

$$\begin{aligned} r &= (W_1 - W_2) = [W_{rz} - (\pm\Delta_{ssW_1} \pm \Delta_{sdW_1}) - (\pm\Delta_{pW_1})] - \\ &+ [W_{rz} - (\pm\Delta_{ssW_2} \pm \Delta_{sdW_2}) - (\pm\Delta_{pW_2})] = \\ &= [(\pm\Delta_{ssW_2}) - (\pm\Delta_{ssW_1})] + [(\pm\Delta_{sdW_2}) - (\pm\Delta_{sdW_1})] + \\ &+ [(\pm\Delta_{pW_2}) - (\pm\Delta_{pW_1})] = \\ &= (r_{ss} + r_{sd}) + r_p = r_s + r_p = (r_{sT} + r_{st}) + r_p \end{aligned} \quad (5)$$

Równanie (5) dobrze objaśnia złożony charakter różnicy r , jaka wynika z porównania dwóch dowolnych, lecz synchronicznych wartości chwilowych tej samej wielkości fizycznej, zmierzonych w tym samym punkcie pola fizycznego, niezależnie, dwoma urządzeniami pomiarowymi o różnych właściwościach metrologicznych. Różnica ta jest złożoną sumą różnic cząstkowych: błędów systematycznych statycznych r_{ss} , błędów systematycznych dynamicznych r_{sd} , oraz błędów przypadkowych r_p obu urządzeń pomiarowych. Może ona być również rozważana jako suma różnic cząstkowych będących funkcją temperatury $-r_{sT}$ i czasu $-r_{st}$, oraz różnic o charakterze przypadkowym r_p . W różnych urządzeniach pomiarowych każdy komponent tej sumy może z kolei składać się z wielu elementarnych błędów składowych, o tym samym charakterze, z których każdy może zmieniać się niezależnie. Każdy szereg różnic r_s , lub r_p może być poddany oddzielnemu badaniu w odpowiednim postępowaniu analitycznym. Zatem w postępowaniach tych, należy pamiętać, że różnice cząstkowe z równania 5 zawsze reprezentują charakter błędów – systematyczny r_s , lub przypadkowy r_p , zaś w wartości - przedstawiają różnice zintegrowanych błędów o tym charakterze, występujących w całych układach pomiarowych obu narzędzi, np.:

$$r_s = \left[\sum_1^n (\Delta_{ssn})_{W_2} + \sum_1^n (\Delta_{ssn})_{W_1} \right] + \left[\sum_1^n (\Delta_{sdn})_{W_2} + \sum_1^n (\Delta_{sdn})_{W_1} \right] \quad (6)$$

Postać końcowa równania (5) jest przydatna dla praktycznych postępowania analitycznych i analityczno – korekcyjnych, opartych na standardowych metodach analizy statystycznej, tj.:

- w analizowanym szeregu czasowych par danych, w wyniku określenia optymalnej tendencji, pozwala na przybliżoną kompensację składowej cząstkowej systematycznej r_s o zawartości określonej równaniem (5);
- umożliwia prawidłową ocenę i interpretację wyniku końcowego analizy tj. $(r - r_s) = r_p$.

3. Materiał badawczy

Problematyka niestabilności charakterystyk elektronicznych urządzeń pomiarowych ma szczególne znaczenie w przypadku czujników analogowych współpracujących z wzmacniaczami pomiarowymi prądu stałego i przetwornikami a/c, co w miernictwie meteorologicznym między innymi występuje w przypadku czujników temperatury i wilgotności. Stąd bierze się ograniczenie badań do tych dwóch wielkości fizycznych [1, t. 2, rozdz. XI].

Badania prowadzono na szeregach czasowych par danych term- i higrometrycznych z systemu stacji telemetrycznych PSHM oraz synchronicznych pomiarów temperatury i wilgotności wykonanych metodami tradycyjnymi, tj. stacynym termometrem rtęciowym i psychrometrem Augusta lub Assmanna. Przyrządy te, w okresie analizowanym, spełniały wymogi dotyczące ich dokładności i sposobu ekspozycji polowej, określone przez WMO [1, t. 1 rozdz. II i III].

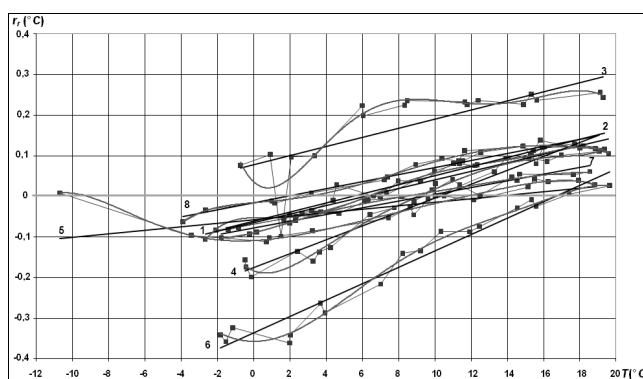
Za próbkę reprezentatywną dla oceny stanu występującego w sieci pomiarowej polskiej Służby, uznano zbiór 96 telemetrycznych szeregów czasowych w liczbie około 0,7 mln. par danych z wybranych okresów, najczęściej 9÷12 miesięcznych, próbkowanych z częstością 1/h, pozyskanych z wszystkich stref klimatycznych kraju.

Szeregi czasowe danych zostały pozyskane za pośrednictwem automatycznych stacji meteorologicznych jednakowego typu, jednego producenta, współpracujących z rezystancyjnymi czujnikami termometrycznymi typu Pt100 oraz sorpcyjnymi higrometrami pojemnościowymi.

4. Metody analityczne i analityczno-kompensacyjne

Analiza stabilności charakterystyk przedstawionych urządzeń wykonana została niezależnie, trzema metodami, w celu kontroli i wzajemnej weryfikacji wyników badań, w szczególności ustaleń i wniosków o charakterze poznawczym.

4.1. Analiza metodą uproszczoną polega na wykorzystaniu cech stacjonarnego procesu zmian różnicy r_r ($r_r = 0$, lub $r_r = \text{const}$). Główną zaletą tej metody jest możliwość jej użycia dla celów maszynowej, operacyjnej kontroli jakości danych i telemetrycznego monitoringu stanu rzetelności metrologicznej urządzeń w rozległych sieciach pomiarowych. Przykłady wyników tej analizy przedstawiono na rysunkach 1 i 2.

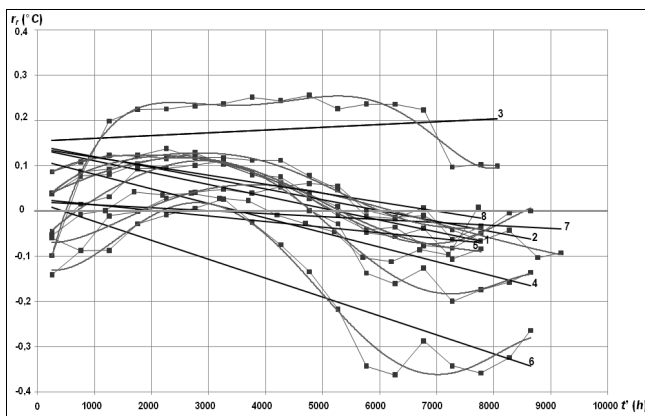


Rys. 1. Wykresy $r_r = \left[(\bar{v}_{500})_{\max} - (\bar{v}_{500})_{\min} \right] = f(T)$ dla rocznych szeregów czasowych z 8 wybranych stacji o dużych zmianach różnicy r . (\bar{v}_{500}) – średnia z różnic $r = (T_a - T_w)$, z 500 konsekwentnych terminów

Fig. 1. Diagrams for annual time series from 8 selected stations of significant changes in r difference

Zależności $r_r = \left[(\bar{v}_{500})_{\max} - (\bar{v}_{500})_{\min} \right] = f(T)$ na rys. 1 i $r_r = \left[(\bar{r}_{500})_{\max} - (\bar{r}_{500})_{\min} \right] = f(t')$ na rys. 2 w całym zakresie zmienności T potwierdzają, że szeregi są niestacjonarne oraz że występuje zależność różnicy r od temperatury T (rys. 1)

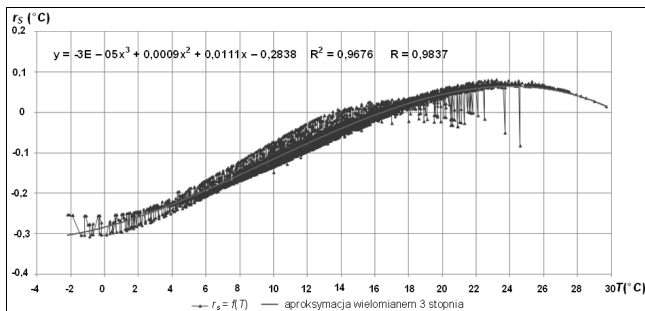
i od czasu t' (rys. 2). Wysokie współczynniki korelacji równań regresji, bliskie 1, potwierdzają zależność quasi-deterministyczną różnicy r_s od T . Różnice r_s zmieniają się quasi-liniowo z temperaturą. Przebiegi równań regresji typu wielomianowego w niektórych przypadkach (na rys. 1-3, 4, 5 i 6) wyraźnie uwidaczniają wpływ drugiego parametru, tj. czasu t' . Podobieństwo współczynników kierunkowych (0,004÷0,02) wskazuje, że ich prawdopodobną przyczyną są zmiany występujące w jednym i tym samym podzespolu elektronicznym. Wzrost wartości współczynnika kąтового równania regresji liniowej względem charakterystyki należącej ($a = 1 = \text{const.}$) jest względną miarą stopnia procesu deformacji pod wpływem dominującego czynnika. Równocześnie podkreśla on indywidualny charakter procesu mikrozmienności charakterystyk.



Rys. 2. Wykresy $r_s = \left[(\bar{r}_{500})_{\max} - (\bar{r}_{500})_{\min} \right] = f(t')$ dla rocznych szeregów czasowych z 8 wybranych stacji
 Fig. 2. Diagrams for annual time series from 8 selected stations as above

4.2. Analiza metrologiczna detekcji i kompensacji zmian różnicy $r = (P_a - P_w) = (r_s + r_p) = f(T)$ i $r = (P_a - P_w) = f(t')$, metodą analizy statystycznej.

Analiza metrologiczna uwidacznia, że zjawisko niestabilności charakterystyk urządzeń pomiarowych, znamionuje proces uzależnionej od temperatury i czasu mikrozmienności wartości zarówno współczynnika kąтового a i rzędnej początkowej b liniowego równania regresji, aproksymującego charakterystyki statyczne przyrządów [2, rozdz. IV p.1].

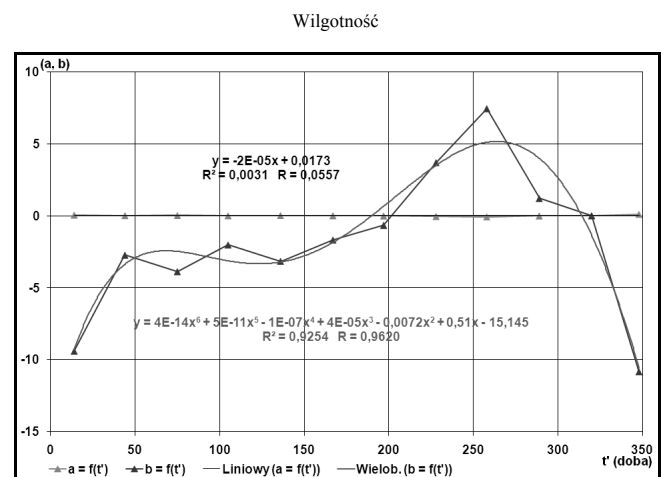
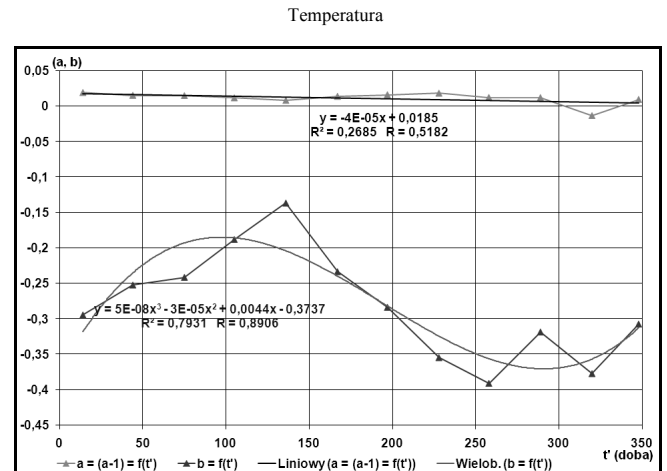


Rys. 3. Przykład zmienności różnicy $r_s = (T_a - T_w) = (r_{sT} + r_{st}) \approx f(T)$ na wybranej stacji
 Fig. 3. $r_s = (T_a - T_w) = f(T)$ for selected station

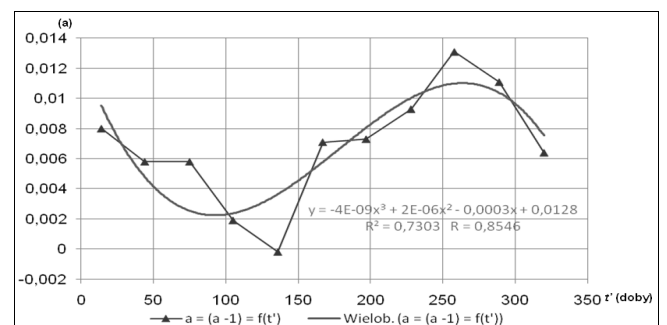
Główną zaletą metody jest możliwość jej wykorzystania, dla celów przybliżonej, manualnej korekty termometrycznych i higrometrycznych szeregów czasowych, związanej z badaniami klimatycznymi. Liczne, szczegółowe postępowania analityczne i analityczno-kompensacyjne pozwalają na przedstawienie wyników tych obliczeń w różnej postaci. Na rysunkach 3, 4 i 5 przedstawiono jedynie wybrane przykłady form ich prezentacji.

Zależność zmian różnicy r_s od temperatury przestawiona na rys. 3 występuje wyraźnie w całym zakresie zmierzonych temperatur. Wielomianowe równanie równania regresji z ekstremum w okolicy +25°C podkreśla bardzo złożony charakter tej zależności.

Wysoki współczynnik korelacji (0,9837) równania regresji informuje o quasi-deterministycznym charakterze związku $r_s = f(T)$. Wszystkie dane z analizowanego szeregu, pozyskane w temperaturach $< +11^\circ\text{C}$, obarczone są błędami systematycznymi o wartościach przekraczających granice przedziału zmian dopuszczalnych tj. $\pm 0,1^\circ\text{C}$, lub $\pm 0,2^\circ\text{C}$ dla $T < 6^\circ\text{C}$. Rozrzut danych wynika z równoczesnej zależności różnicy r od czasu $r_s = f(t')$.



Rys. 4. Wykresy $a' = f(t')$ i $b = f(t')$ dla wybranej stacji
 Fig. 4. Diagrams $a' = f(t')$ and $b = f(t')$ for selected station

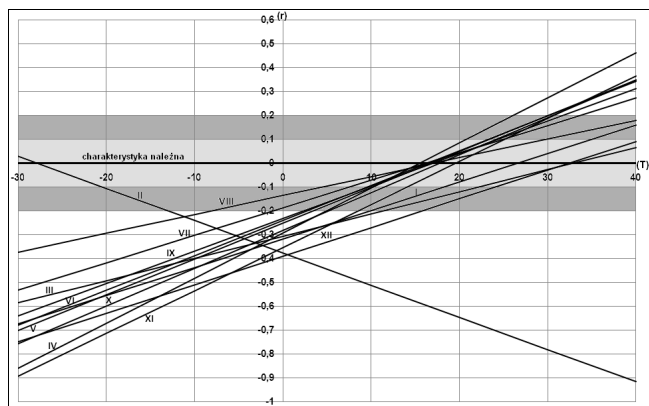


Rys. 5. Wpływ temperatury otoczenia w przypadku współczynnika kąowego charakterystyki
 Fig. 5. The influence of environment temperature clearly can be recognized in the case of the angular coefficient of linear regression

W analizowanym szeregu czasowym, liniowe równanie regresji funkcji $a = f(t')$ potwierdza pozornie znikomą zmienność współczynnika kąowego charakterystyki w funkcji czasu. Jest to jednak zmienność wyraźnie zależna od temperatury, co uwidacznia rys. 5. W jednym przypadku wystąpiła zmiana znaku tego współczynnika na ujemny, co jest równoznaczne ze zmianą kąta nachylenia charak-

terystyki. Równanie regresji wielomianowej 6 stopnia, opisujące przy wysokim współczynniku korelacji, (0,9355) zmienność rzędnej początkowej b , potwierdza jej okresowość roczną i duże podobieństwo do przebiegu rocznego rzeczywistej temperatury powietrza.

4.3. Mikroanaliza zmienności charakterystyk $P_a = f(P_w)$ urządzeń termo- i higrometrycznych, metodą metrologicznej analizy porównawczej fragmentów miesięcznych szeregów czasowych. Główną zaletą tej metody jest możliwość wykorzystania w programach telemetrycznej oceny stanu tych układów oraz półautomatycznej diagnostyki meteorologicznej sieci pomiarowych. Wybrane przykłady wyników obliczeń wykonanych według tego postępowania przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Wykres rzetelności pomiarów. Wykresy miesięczne różnic $r = (a - 1)T_w + b = f(T)$

Fig. 6. Monthly diagrams of differences $r = (a - 1)T_w + b = f(T)$

Na rysunku przedstawiono wykresy miesięczne różnic $r = (a - 1)T_w + b = f(T)$, tj. różnic równań regresji dla prawdopodobnych wykresów miesięcznych rzeczywistych $T_a = f(T_w)$, względem wykresu należącego $T_n = f(T)$, na tle przedziałów dopuszczalnych, akceptowanych i nie akceptowanych wartości różnicy r . Przedział zmienności różnic r dopuszczalnych - obszar zielony i żółty. Przedział zmienności różnic r nieakceptowanych - obszar czerwony. Zakres danych zmierzonych rzetelnie - obszar zielony i żółty. W analizowanym szeregu czasowym jedynie krótkie fragmenty szeregów miesięcznych spełniają warunek pomiarów rzetelnych, tj. mieszczących się w zaznaczonych przedziałach.

5. Wyniki poznawcze analizy termo- i higrometrycznych szeregów czasowych

Analizy szeregów czasowych wykonane trzema różnymi metodami potwierdziły spójnie występowanie we wszystkich przypadkach zjawiska systematycznych zmian różnicy $r = (P_a - P_w)$. Mikrozmienność charakterystyki wynika z procesu nakładania się na siebie składowej długookresowej - zmian nieodwracalnych i składowej krótkookresowej - zmian odwracalnych. Składowa zmian nieodwracalnych, narasta powoli w czasie, a jej przyczyną mogą być np. procesy stopniowych zmian właściwości fizycznych (starzenia) półprzewodnikowych elementów układów elektronicznych, szczególnie wzmacniaczy prądu stałego. Składowa zmian odwracalnych, szybkozmiennych, w przypadku termometrii zależy od temperatury powietrza, zaś w przypadku higrometrii - od temperatury powietrza i wilgotności. Wynika ona prawdopodobnie ze stopniowego wzrostu podatności elementów i układów elektronicznych na wpływy tych wielkości. Wbudowane układy elektroniczne automatycznej kompensacji wpływu temperatury z czasem tracą swoją skuteczność z tych samych powodów.

Przebieg zmienności rzeczywistej różnicy r w czasie, jest złożony i wynika z superpozycji obu wymienionych składowych. Składowa zmian nieodwracalnych występuje w każdym przypadku, jej wartość roczna jest zwykle mała, lub bardzo mała, a jej zmienność w czasie może być aproksymowana równaniem regre-

sji liniowej przy wysokim współczynniku korelacji. Składowa zmian odwracalnych powstaje z nałożenia oscylacji dobowych na tendencje wielodobowe, wielotygodniowe, sezonowe oraz na cykl roczny temperatury.

Wzajemne proporcje wartości obu składowych ujawniły dominację amplitudową składowej odwracalnej, z czego może być wyprowadzony wniosek, że główną przyczyną powstania i rozwoju niepożądanego zjawiska mikrozmienności charakterystyk przebadanych układów pomiarowych są zmiany w czasie podatności elementów układu pomiarowego na wpływ temperatury i ewentualnie wilgotności powietrza.

Początek wystąpienia i tempo rozwoju zjawiska mikrozmienności są indywidualnie różnicowane, nieprzewidywalne i zależne od czynników, których ustalenie może nastąpić jedynie w wyniku przeprowadzenia specjalistycznych badań sprzętu pomiarowego. Rozwój zjawiska mikrozmienności może nastąpić z prędkością większą, aniżeli zakładał to producent sprzętu. W przypadku serii stacji automatycznych PSHM w (15÷20)% przypadków, rozwój ten doprowadził do przekroczenia wartości odchyłek dopuszczalnych, w okresie krótszym od 1 roku.

6. Wnioski końcowe

1. Cele badań określone w rozdziale 1 zostały osiągnięte, a ich wyniki zostały wyczerpująco opisane w obszernej monografii pt: „Mikrozmienność charakterystyk urządzeń termo- i higrometrycznych w automatycznych stacjach meteorologicznych PSHM”.
2. Metody i środki zastosowane przez producentów automatycznych stacji meteorologicznych dla zredukowania, lub eliminacji zjawiska mikrozmienności charakterystyk układów termo- i higrometrycznych są niewystarczające, gdyż nie gwarantują wieloletniej eksploatacji tych urządzeń. W przypadku gdy wartości różnic spowodowanych zjawiskiem mikrozmienności przekroczą dopuszczalny przedział zmienności określony przez WMO, ww. układy pomiarowe tracą bezpowrotnie przydatność pomiarową dla celów meteorologicznych, gdyż zmienności tej, jako nietrwałej funkcji temperatury, nie da się kompensować w trybie operacyjnym.
3. Złożony charakter oraz nieprzewidywalne: termin rozpoczęcia, tempo rozwoju i natężenie zmian długookresowych procesu mikrozmienności charakterystyk urządzeń termometrycznych, wymagają zaniechania obecnie stosowanych metod okresowej kontroli rzetelności narzędzi pomiarowych w warunkach polowych oraz opracowania i zastosowania nowych metod ciągłej kontroli i monitoringu ich rzetelności wskazań. Niekontrolowany rozwój tego procesu mógłby doprowadzić do istotnej deformacji szeregów czasowych danych termometrycznych, a zatem i wyników badań naukowych oraz opracowań klimatologicznych związanych np. z oceną globalnego efektu cieplarnianego i wielu innych zjawisk o niepożądanych skutkach dla gospodarki narodowej.
4. Znaczenie zjawiska zmienności charakterystyki dla miernictwa meteorologicznego, w ocenie autora jest duże, ze względu na masowość zastosowań automatycznych mikroprocesorowych stacji meteorologicznych stacji na świecie.

Część wyników badań zostanie wykorzystana na potrzeby projektu JRP ENV07 Metrologia ciśnienia, temperatury, wilgotności i prędkości powietrza w atmosferze – Metrologia dla Meteorologii o akronimie METEOMET realizowanego w ramach Europejskiego Programu Badań w Metrologii EMRP.

7. Literatura

- [1] Róździński K.: Miernictwo meteorologiczne. IMGW, Warszawa, t1.(1995); t2, 1996.
- [2] Róździński K.: Podstawy telemetrycznego miernictwa meteorologicznego. IMGW Warszawa, 2004.